PC286/386 IN KIT

L. 7.000 - Frs.10,5

N. 79 Gennaio '92

fare ELETTRONICA

Realizzazioni pratiche ▪ TV Service ▪ Radiantistica ▪ Computer hardware

IN COLLABORAZIONE CON

Electronique pratique

INSERTO "LE GUIDE DI FARE ELETTRONICA":

LE FIBRE OTTICHE

- PC SCOPIO
- BRAINWAVE
- AUDIO METER
- ACCESSORI PER AMPLI DA 320 W
- RICEVITORE OC-AM
- CONTAGIRI ANALOGICO/DIGITALE
- COUNTER CMOS
- GENERATORE DI FUNZIONI

TV SERVICE

KONIG 24" SCHERMO NERO

DISPLAY TELEFONICO

Spedizione in abbonamento postale Gruppo III-70 Taxe Percue (Tassa riscossa) Milano CMP Roserio

ACCESSORI
PER L'AMPLIFICATORE HI-FI A MOS-FET DA 320W

ing. F. Bertelè

Il mese scorso abbiamo presentato il circuito dell'amplificatore di potenza a MOSFET. Per realizzare un finale Hi-Fi completo sono necessari alcuni circuiti aggiuntivi che descriviamo in questo numero: l'alimentatore di potenza, il circuito di protezione per le casse ed il preamplificatore di ingresso che consente il collegamento a ponte di due unità di potenza.

L'amplificatore a MOSFET presentato nello scorso numero rappresenta certamente una fra le migliori realizzazioni nel campo degli amplificatori Hi-Fi: 320W RMS costituiscono una potenza di tutto rispetto anche per amplificatori destinati all'impiego professionale. Il circuito di alimentazione deve essere in grado di fornire la potenza necessaria, pena una resa scadente di tutta la realizzazione. Osservando lo schema dell' alimentatore si può notare come si tratti di un circuito del tutto tradizionale; i componenti tuttavia devono essere scelti con cura. E' bene che TR1 sia un trasformatore a nucleo toroidale, sia per le eccellenti caratteristiche elettriche che questi componenti presentano sotto carico, sia per il loro peso ridotto. Per la maggior parte delle applicazioni *casalinghe* è sufficiente che TR1 abbia la potenza di 300VA; in caso di impieghi veramente gravosi si può impiegare un trasformatore da 400VA o più. Il valore della tensione del secondario deve essere di 48+48V. In realtà i trasformatori a nucleo toroidale vengono normalmente forniti con due secondari distinti; si deve quindi collegare insieme l'inizio di uno degli avvolgimenti e la fine dell'altro e connettere alla massa generale la presa centrale così ottenuta. Se si avessero dubbi è consigliabile misurare la tensione fra i due estremi degli avvolgimenti rimasti liberi, che deve essere di circa 96V in corrente alternata; se il valore letto fosse notevolmente differente bisogna rivedere i collegamenti. Il ponte raddrizzatore B1 deve essere del tipo blindato con connettori Faston, e per il suo fissaggio meccanico si approfitterà dell'apposito foro centrale. I condensatori di filtro C1 e C2 possono essere anche del tipo con reofori a saldare, tuttavia la soluzione migliore è l'impiego di condensatori a barilotto con con-

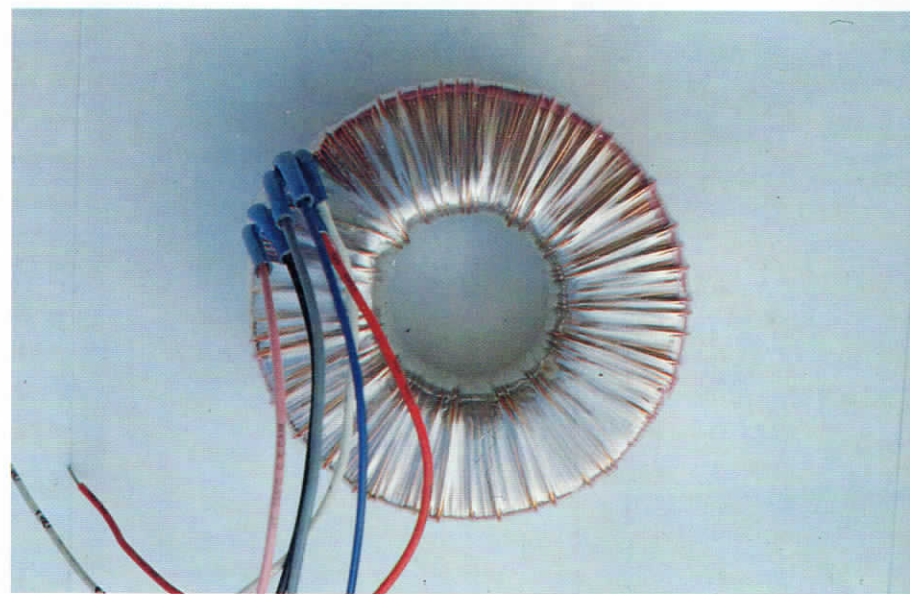
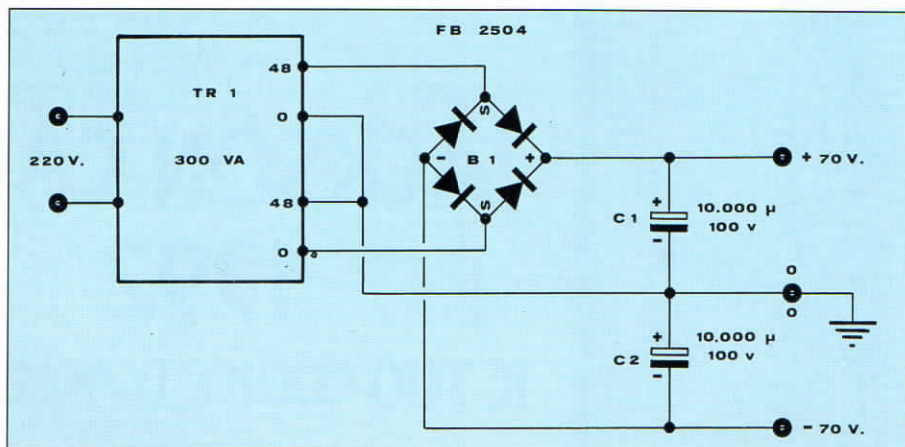



Figura 1. Schema elettrico dell'alimentatore per l'amplificatore HI-Fi MOSFET da 320 W.

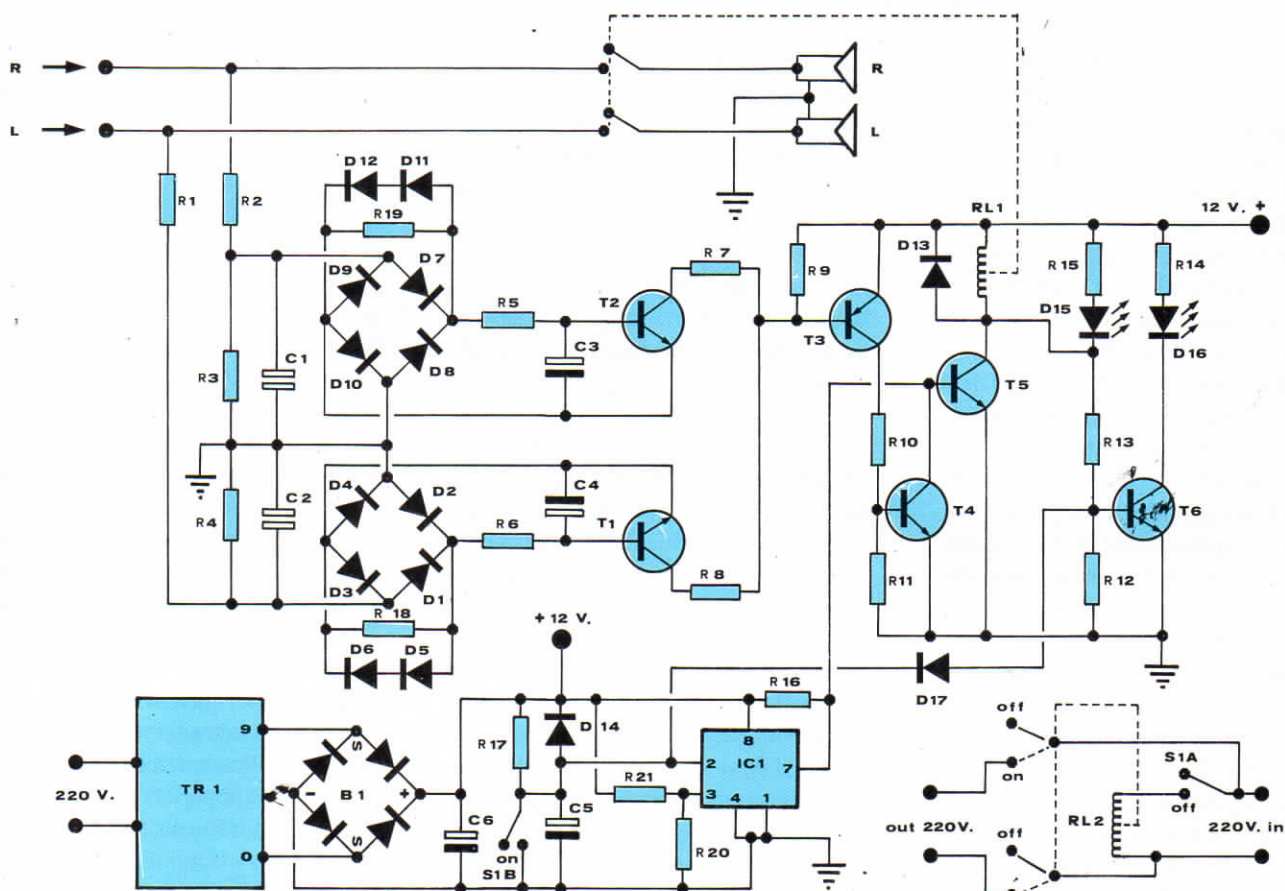



Figura 2. Schema elettrico del circuito salvacasse.

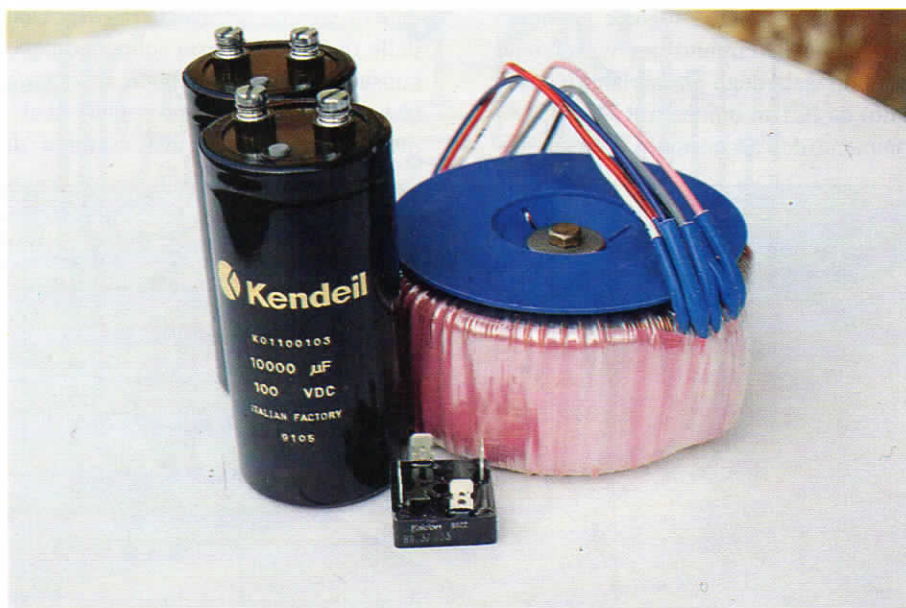
nessioni a vite, i quali presentano un comportamento molto migliore sotto carico, e sono reperibili abbastanza facilmente nel valore previsto nello schema. La capacità di 10000µF è quella consigliata, tuttavia è possibile utilizzare capacità superiori con un lievissimo miglioramento delle caratteristiche generali e con inconvenienti solo per il portafoglio. Il circuito per la protezione degli altoparlanti (il cosiddetto *salvacasse*) si incarica di svolgere due funzioni diverse, vale a dire la connessione delle casse all'amplificatore dopo un certo tempo dall'accensione di quest'ultimo e la rilevazione di eventuali tensioni continue sulle casse stesse. Nel momento in cui l'amplificatore viene acceso, l'andamento del valore della tensione sulla sua uscita risulta infatti imprevedibile poiché i numerosi condensatori presenti nel circuito richiedono qualche secondo per caricarsi alla propria tensione di lavoro e nel frattempo lo stadio di uscita viene controllato in maniera molto approssimativa. Se in questa situazione gli altoparlanti fossero già collegati il risultato potrebbe essere un *bump* di notevole intensità, il

quale, oltre ad essere del tutto antiestetico, potrebbe danneggiare seriamente le casse stesse. Per questo motivo è stato previsto un circuito ritardatore che collega le casse all'amplificatore circa 5 secondi dopo la sua accensione. Può succedere inoltre che durante il funzionamento all'uscita dell'amplificatore compaiano delle componenti di tensione continua. Questo fatto, rarissimo in verità, è dovuto ad un sovraccarico dell'amplificatore che provoca l'interruzione di uno o di ambedue i fusibili di protezione dello stadio finale. Al fine di evitare danni agli altoparlanti (i woofer sarebbero in pericolo di vita) il circuito scollega le casse dall'uscita dell'amplificatore e non le ricollega prima della scomparsa della componente di tensione continua. Nel circuito i componenti interessati a questa funzione sono le resistenze R1/R4 che, in unione a C1/C2 formano due filtri passabasso, i diodi D1/D12 che rettificano i segnali in uscita dai filtri ed i transistor T1/T2 alle cui basi sono collegate le uscite dei rettificatori attraverso R5/R6 e C3/C4. Nel caso in cui le tensioni sulle basi superassero i 600mV i transistor andrebbero immediatamente in conduzione e, attraverso T3 e T4 provocherebbero l'immediata disinserzione del relé RL1 attraverso i cui contatti passa il segnale applicato alle casse. Il circuito per l'inserzione temporizzata degli altoparlanti è costituito da IC1 in unione a R17 e C5. Al momento dell'accensione C5 viene caricato lentamente attraverso R17; nel momento in cui la tensione ai suoi capi supera quella sul nodo R20/R21 IC1, che nel frattempo teneva bloccato T5, lo libera, permettendo così l'eccitazione di RL1. Il LED verde D15 segnala il normale funzionamento dell'amplificatore, mentre l'accensione del LED rosso D16 indica l'intervento della protezione sia nel momento in cui viene data tensione all'apparecchio sia successivamente. Nel caso in cui durante l'ascolto del brano di musica preferito il suono tacesse improvvisamente e si accendesse il led rosso sarebbe bene spegnere immediatamente l'amplificatore e controllare lo stato dei fusibili. RL1, il relé che si incarica di collegare gli altoparlanti agli amplificatori, invece di essere un normale 2 vie possiede ben 4 vie, a due a due in parallelo. Questa soluzione è stata suggerita dal fatto che talvolta i contatti, se l'amplificatore viene usato per lungo tempo a volume molto ridotto, possono ossidarsi. L'impiego di due contatti in parallelo in pratica elimina l'inconveniente e conduce a un funzionamento molto più affidabile dell'intera apparecchiatura. Il relé RL2, montato anch'esso sullo stampato, ha la funzione di interruttore generale: la tensione di rete infatti arriva al trasformatore toroidale di potenza attraverso di esso. Una delle ragioni di questa soluzione poco consueta si può comprendere se si pensa che ogni trasformatore toroidale di alimentazione assorbe una corrente di poco meno di 2A a regime, mentre nel momento dell'accensione la corrente può raggiungere anche i 10A, e gli interruttori a levetta normalmente reperibili in commercio non sopportano facilmente correnti di picco di questa intensità; al contrario non è difficile trovare relé con caratteristiche adatte. Quello previsto è un relé a 2 vie e la corrente nominale di ogni contatto è di 10A, mentre quella di picco supera i 20A. Un secondo motivo risulta chiaro se si osserva con attenzione il circuito che porta la tensione di rete ai trasformatori di potenza. L'interruttore di rete è costituito da un normale deviatore a levetta 2 vie/2 posizioni. Uno dei due contatti interrompe l'alimentazione della bobina di RL2, mentre il secondo cortocircuita il condensatore di temporizzazione in posizione di spento. In pratica nel momento dello spegnimento si ha la contemporanea apertura del relé di alimentazione e di quello che collega gli altoparlanti all'amplificatore, e ciò elimina la possibilità che al momento dello spegnimento si possa verificare un "bump" che, anche se molto inferiore a quello possibile al momento dell'accensione, sarebbe ugualmente antiestetico. Il terzo circuito qui proposto rende possibile il collegamento a ponte di due amplificatori per ottenere una potenza di oltre 600W su un carico di 8Ω. Esso svolge la funzione di pro-

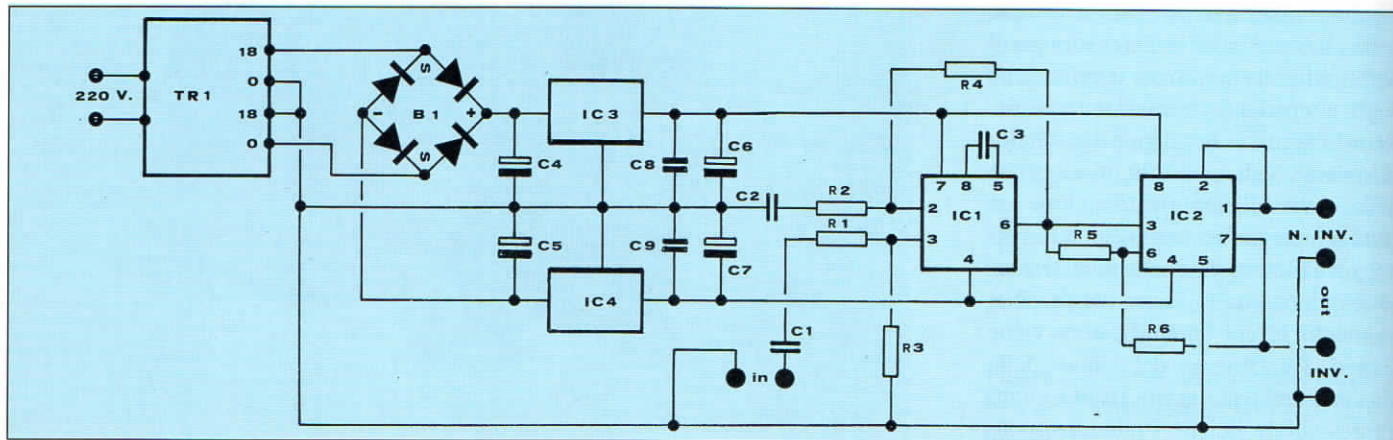
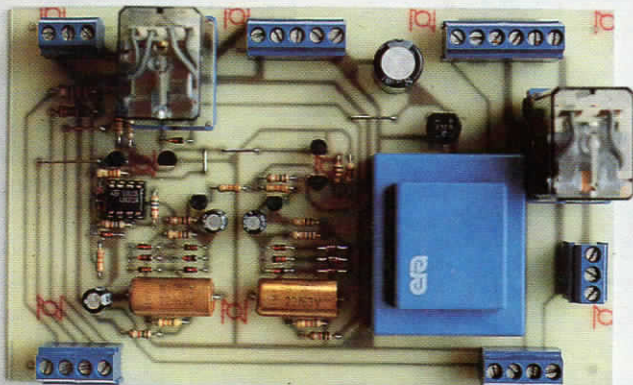
Figura 3. Circuito elettrico del dispositivo per l'inserzione temporizzata.

durre in uscita due segnali esattamente simmetrici i quali sono la copia fedele di quello applicato all'ingresso. In pratica, tutto il lavoro viene compiuto da due soli integrati, IC1 ed IC2, che sono amplificatori operazionali a basso rumore per applicazioni audio, uno semplice e l'altro doppio. IC1 svolge la funzione di amplificatore/separatore del segnale di ingresso, ed è collegato in maniera tale da possedere un coefficiente di amplificazione unitario. A prima vista quindi esso potrebbe sembrare superfluo; in realtà esso fornisce allo stadio successivo un segnale di impedenza molto bassa e trascurabile rispetto a quella dell'ingresso di IC2. Le due sezioni di quest'ultimo, i cui ingressi sono collegati in parallelo, costituiscono due amplificatori a guadagno unitario in valore assoluto, ma l'uno invertente e l'altro no. I due segnali disponibili alle uscite sono quindi esattamente uguali come valore assoluto, ma opposti, vale a dire che ognuno di essi è simmetrico all'altro rispetto alla massa. Se si collega un carico fra i terminali di uscita di due unità di potenza con gli ingressi connessi alle uscite di questo circuito, sul carico si ottiene una tensione di valore doppio rispetto a quella disponibile fra ciascuna delle uscite e la massa. In pratica, impiegando due amplificatori a MOSFET del tipo de-

Figura 4. Circuito stampato del salvacasse visto dal lato rame in scala naturale.

out 220
out 220
in 220
on / off
outR
inR
outL
inL
SALVACASSE
IBF 9201
K a K a

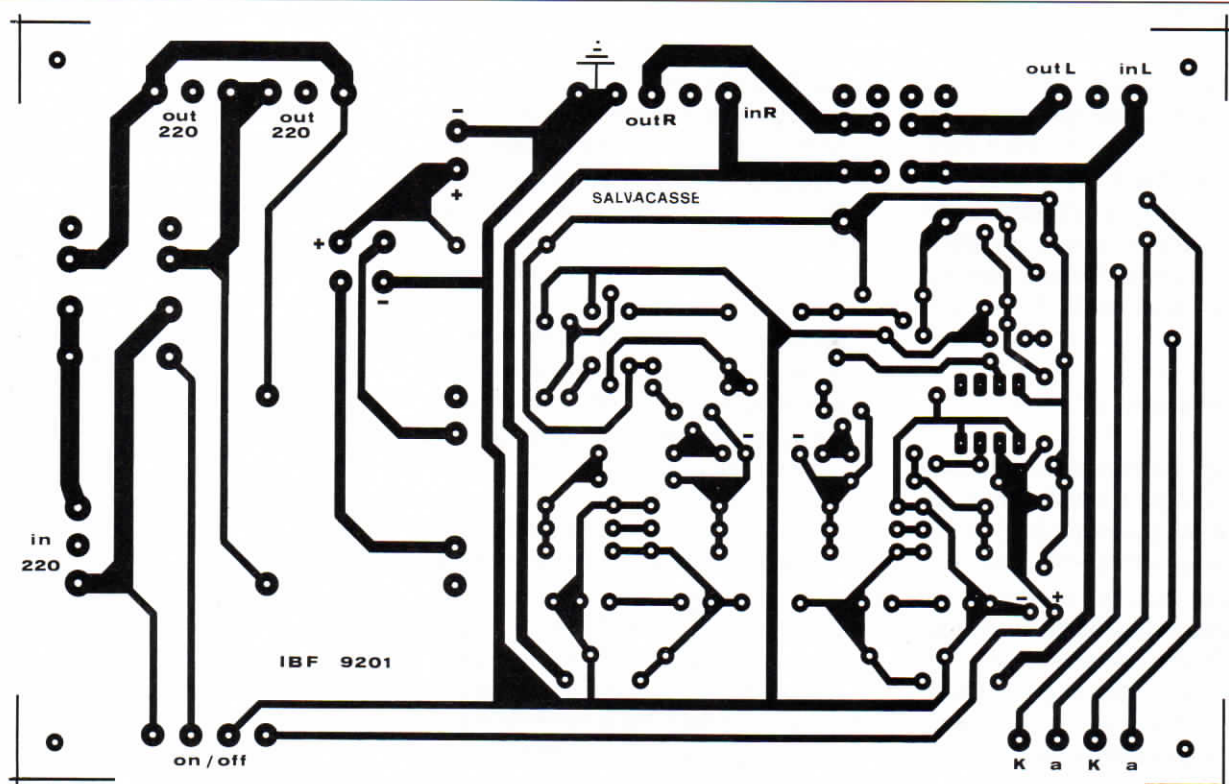
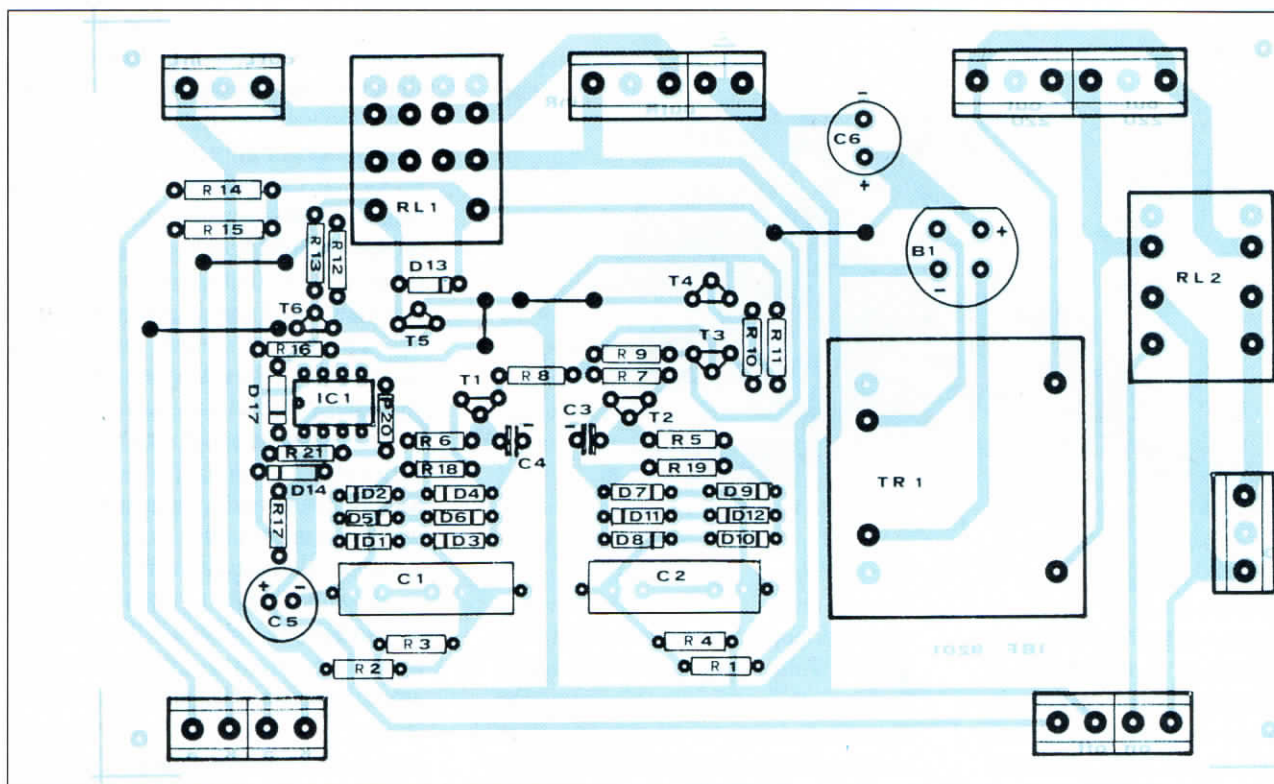



Figura 5. Disposizione dei componenti sulla basetta del salvacasse.

scritto il mese scorso, si possono ottenere 640W su 8Ω. Sarebbe possibile ottenere una potenza anche maggiore diminuendo l'impedenza del carico, ad esempio portandolo a 4Ω, tuttavia non consigliamo di farlo poiché si rischierebbe di superare la corrente massima sopportabile dagli stadi di uscita a MOSFET.

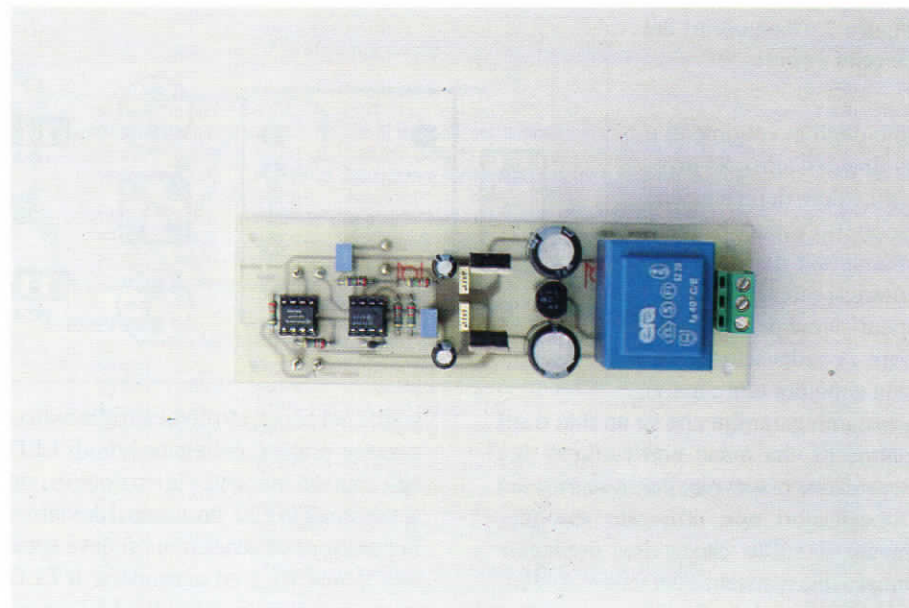
Realizzazione pratica

Tutti e tre i circuiti appena descritti sono realizzabili con facilità; si devono tuttavia osservare alcune avvertenze specifiche per ciascuno di essi. I componenti relativi all'alimentatore devono essere fissati direttamente al mobile che alloggia tutta la realizzazione servendosi dei supporti appositi che vengono forniti insieme ai componenti. Per il collegamento del ponte raddrizzatore si impiegheranno terminali Faston, mentre per i condensatori si useranno capicorda ad occhiello. I vari collegamenti devono essere effettuati con cavo di sezione adeguata alle correnti in gioco; si può impiegare, ad esempio, cavo con sezione di 2,5mm², ed è bene che i capicorda impiegati vengano saldati ai cavi stessi. Tutti i terminali di massa devono essere collegati insieme in un unico punto, e ciò vale anche per le masse degli ingressi, degli altoparlanti e degli altri circuiti accessori; si collegherà questo nodo di massa al telaio del mobile ed al terminale di terra del cavo di alimentazione.

Il circuito di protezione delle casse è montato sulla basetta di Figura 4 sulla quale trovano posto tutti i componenti necessari, ivi compreso il trasformatore di alimentazione. Per eseguire correttamente il montaggio è sufficiente fare riferimento alla Figura 5 in cui viene riportata la disposizione dei componenti, tenendo presente che, volendo, ciascuno dei due condensatori elettrolitici non polarizzati C1 e C2 può essere sostituito da due elettrolitici verticali del valore di 47μF/63V montati sulle apposite pi zole con i terminali positivi o nega collegati insieme, e che per il montag dei due relé è buona cosa impiegare appositi zoccoli. Meritano qualche c siderazione particolare i cablaggi es ni alla scheda. La tensione di rete, d essere passata attraverso un fusibile sicurezza montato esternamente, d essere collegata ai morsetti contras

DATI TECNICI DELL'AMPLI MOS-FET 320W/4Ω

Banda passante	4Hz÷100kHz +0/-3dB
Potenza max di uscita	320W RMS su 4Ω 200W RMS su 8Ω
Distorsione	0,01% a 240W RMS su 4Ω 0,01% a 150W RMS su 8Ω
Fattore di smorzamento	>100
Sensibilità	1,3Veff per 320V RMS su 4Ω
Offset all'uscita	max ±20mV

gnati *in 220*, mentre i trasformatori di potenza a quelli *out 220*. I terminali di uscita degli amplificatori vanno connessi ai terminali *in R* e *in L*, e quelli di ingresso delle casse ai morsetti *out R* e *out L* (il secondo morsetto di ogni cassa verrà collegato al nodo di massa). Uno dei due morsetti contrassegnati con il simbolo di massa deve essere collegato al nodo comune di massa. Ai due morsetti *k* ed *a* più vicini al bordo della scheda si collegheranno rispettivamente il catodo e l'anodo di D16, mentre ai due rimanenti i terminali di D15. Ai terminali *on/off* verrà connesso l'interruttore di rete, facendo attenzione che i due morsetti esterni devono essere collegati ad una sezione del commutatore a 2 vie, e quelli interni all'altra. Le connessioni a quest'ultimo inoltre devono essere fatte in modo che quando una coppia di contatti è chiusa l'altra risulti aperta. Raccomandiamo di impiegare un cavo di sezione adeguata per i collegamenti dell'alimentazione di rete e degli altoparlanti.
Anche per ciò che riguarda la costruzione del circuito per il collegamento a ponte di due unità di potenza non vi sono difficoltà, e si deve solamente fare riferimento alla Figura 6 per il lato rame e alla Figura 7 per la disposizione dei componenti. Si deve impiegare questo circuito se si vogliono montare due unità di potenza a ponte; altrimenti esso può essere tralasciato, collegando direttamente i terminali di ingresso degli amplificatori ai connettori relativi sul mobile con due tratti di cavo schermato.

In ogni caso si deve prestare attenzione a che la calza del cavo schermato non entri in contatto elettrico con il mobile: in particolare se si impiegano pin RCA come connettori di ingresso, essi devono avere i terminali di massa isolati dal telaio e si potrà collegarli con uno spezzone di filo al nodo centrale di massa. Se al contrario questo circuito viene impiegato, lo spinotto di ingresso sarà unico e gli ingressi degli amplificatori verranno collegati alle uscite del circuito stesso. Anche in questo caso si potrà collegare la massa del connettore di ingresso al nodo di massa centrale. Non si deve dimenticare inoltre di collegare i morsetti di alimentazione del trasformatore ai terminali *out 220* della scheda di protezione delle casse.

Messa a punto finale

Prima di procedere al cablaggio definitivo è consigliabile verificare il buon funzionamento di ciascuno di questi circuiti singolarmente. Per quanto riguarda l'alimentatore si verificherà in primo luogo se ogni componente è stato collegato in maniera corretta, e ciò vale in particolare per i condensatori elettrolitici. *Fate attenzione*: un condensatore elettrolitico, se montato con polarità errata, può anche esplodere! Una volta assicuratisi su questo punto si può dare tensione al trasformatore toroidale e verificare la tensione sui condensatori elettrolitici: il valore misurato deve essere di circa 70V su ciascuno dei due condensatori. Se il valore misurato si discosta di molto da questo valore è bene spegnere immediatamente il circuito e verificare una volta ancora collegamenti e componenti. In particolare si dovrà verificare se sono stati effettivamente collegati fra di loro e al nodo di massa l'inizio di

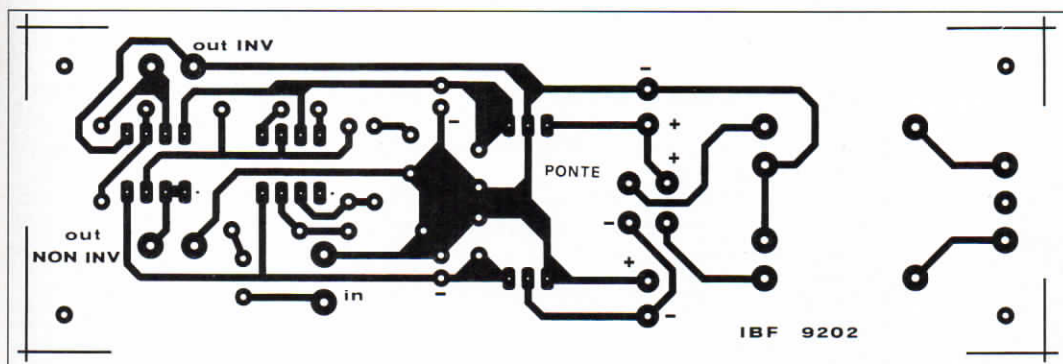



Figura 6. Circuito a ponte: lato rame in scala naturale.

Figura 7. Componenti del circuito a ponte.

uno degli avvolgimenti e la fine dell'altro. Se invece il valore della tensione è corretto, si può spegnere il circuito e dedicarsi agli ulteriori cablaggi. Non dimenticatevi però di scaricare i condensatori: 70V non sono poi tanti, ma vi possiamo garantire che su un dito o sul palmo di una mano non causano una sensazione piacevole. Per la scarica dei condensatori non utilizzate assolutamente il solito cacciavite; impiegate invece una resistenza del valore di alcuni kΩ e di qualche W di potenza.

La messa a punto del salvacasse si riduce alla verifica del suo corretto comportamento all'accensione, allo spegnimento ed in presenza di tensioni continue all'ingresso. Si deve connettere ai morsetti *on/off* un piccolo deviatore del tipo 2vie/2posizioni nella maniera descritta nel paragrafo dedicato alla realizzazione pratica, collegare i diodi LED agli appositi morsetti e la tensione di rete ai terminali *in 220*. Portando il deviatore in posizione di accensione si deve eccitare il relé RL2 ed accendersi il LED rosso; entro pochi secondi il LED rosso dovrà spegnersi, accendersi quello verde ed eccitarsi il relé RL1. Portando in posizione di spegnimento il deviatore si dovrà ottenere la contemporanea diseccitazione di entrambi i relé. Si deve poi riaccendere il circuito e munirsi di un tester in posizione di misura *Ωx1*. Collegando i puntali ai terminali di C1 o C (la polarità non ha importanza) si dovr ottenere la diseccitazione di RL1, l spegnimento di D15 e l'accensione d D16. Se queste verifiche hanno avut esito positivo, sarà tutto ok, altrimenti s dovrà verificare l'esatto posizionamen to di tutti i componenti ed il collegamen to di S1. Ancor più semplice è il collau do della scheda per il montaggio a pon te: è sufficiente assicurarsi che, in assen za di segnale all'ingresso, le due uscit presentino un offset rispetto a massa no superiore a qualche mV.

ELENCO COMPONENTI

- Alimentatore-		**B1**	**W04**
C1-2	**cond. da 10.000µF 100Vl elettr.**	**TR1**	**trasformatore 9V 5VA**
B1	**ponte raddriz.25A - 100V**	**RL1**	**relé 5A a 4 poli**
TR1	**trasf.toroidale 2x48V - 300W**	**RL2**	**relé 10A a 2 poli**
- Salvacasse IBF9201-		**S1**	**deviatore 2 vie - 2 pos.**
R1-2-9	**resistori da 15kΩ**	**1**	**zoccolo DIL 4+4 pin**
R3-4	**resistori da 82kΩ**	**-**	**zoccoli per RL1 e RL2**
R5-6-10-13	**resistori da 10kΩ**	**5**	**morsetti bipolari da c.s.**
R7-8-17	**resistori da 33kΩ**	**5**	**morsetti tripolari da c.s.**
R11-12	**resistori da 4,7kΩ**	**1**	**circuito stampato IBF9201**
R14	**resistore da 680Ω 1/2 W**	**-Adattatore a ponte IBF9202-**	
R15	**resistore da 560Ω 1/2 W**	**R1/6**	**resistori da 47,5kΩ 1%**
R16	**resistore da 3,3kΩ**	**C1-2**	**cond. da 470nF MKT**
R18-19	**resistori da 56kΩ**	**C3**	**cond. da 22pF ceram.**
R20-21	**resistori da 5,6kΩ**	**C4-5**	**cond. elettr. da 1000µF 40Vl**
C1-2	**cond. elettr. da 22µF 63Vl n.p.**		
C3-4	**cond. elettr. da 22µF 16Vl**	**C6-7**	**cond. elettr. da 47µF 25Vl**
C5	**cond. elettr. da 100µF 25Vl**	**C8-9**	**cond. da 100nF MKT**
C6	**cond. elettr. da 1000µF 25Vl**	**IC1**	**NE5534**
D1/14	**1N4148**	**IC2**	**NE5532**
D15	**LED verde 5mm**	**IC3**	**7815**
D16	**LED rosso 5mm**	**IC4**	**7915**
D17	**AA116**	**B1**	**W04**
T1-2-4-6	**BC547**	**TR1**	**2x18V/2,3VA**
T3	**BC557**	**2**	**zoccoli DIL 4+4 pin**
T5	**BC337**	**1**	**morsetto tripolare da c.s.**
IC1	**LM311**	**1**	**circuito stampato IBF9202**